Ing. MARIO MAJOCCHI

ALIMENTAZIONE DI UN CANALE NAVIGABILE

Da IL MONITORE TECNICO, *N. 27 e 29 - Anno 1915*

SOCIETÀ EDITRICE TECNICA SCIENTIFICA -MILANO-

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA
Legato Anselmi
OA. - b
938

Ing. MARIO MAJOCCHI

ALIMENTAZIONE DI UN CANALE NAVIGABILE

Da IL MONITORE TECNICO, *N. 27 e 29 - Anno 1915*

SOCIETÀ EDITRICE TECNICO SCIENTIFICA -MILANO-

PROVINCIA DI TORINO
BIBLIOTECA

COOPERATIVA
TIPOGRAFIA
DEGLI OPERAI
MILANO - 1915
VIA SPARTACO, 6

ALIMENTAZIONE DI UN CANALE NAVIGABILE

Ad mare nostrum!

In questo segno e con questo voto ci sia permesso, anche fra il rombo e lo strepito dell'armi, di proseguire lo studio di tale opera della pace quale sarà la linea navigabile tra Venezia, adriatica, e le città padane; che presto assumerà tanto maggiore importanza, di quanto sarà per crescere l'intensità dei traffici tra le città nostre di terra e di mare, e verso i mari e i lidi del vicino e del più lontano Oriente.

Perciò crediamo debbano ancor oggi continuarsi ininterrotti gli studî della grande linea; e pubblicamente trattarsi, e rivedersi ove occorra; con quella sincerità e larghezza che esigono l'importanza dell'opera e l'utilità che la Nazione se ne ripromette; per essere, un'opera sì grande, avviata all'ultima fase definitiva ed alla sua esecuzione, che non può nè deve essere lontana.

* *

Accenniamo qui ad uno tra i molti argomenti, riguardante uno dei tronchi della maggiore importanza: il canale navigabile tra Milano e il fiume Adda: ricerchiamo precisamente quale quantitativo d'acqua potrà presumibilmente occorrere al suo regolare funzionamento: in relazione al traffico delle merci, alle dimensioni ed ai salti delle conche, ai disperdimenti inevitabili delle acque attraverso all'alveo ed alle sponde del canale, anche se protetti e rivestiti.

I.

Preliminari.

Delle perdite continue di un canale scavato in terra.

Noi possiamo considerare distintamente:

le *perdite* d'acqua lungo il tracciato del canale, perdite che, per quanto debbano necessariamente variare da tronco a tronco a seconda delle sue particolari condizioni locali, planimetriche ed altimetriche, nel complesso noi riterremo proporzionali alla lunghezza K dei diversi tronchi, e significheremo quindi, introducendo un coefficiente $\chi_{,,}$ di perdite chilometriche in litri al 1", colla:

$$p_{,,} = K \chi_{,,}$$

Ricordiamo sin d'ora che il coefficiente $\chi_{,,}$ risulta dalla somma di altri coefficienti di cui daremo il valore, approssimato, in seguito, e cioè:

α = coefficiente (sempre in litri al 1" per km. di canale) di evaporazione; proporzionale, in una data zona, alla larghezza dello specchio d'acqua nel canale.

β = coefficiente di filtrazione d'acqua attraverso all'alveo ed alle sponde; coefficiente variabile, riducibile ad un valore abbastanza basso ma *limite*, sotto il quale è praticamente impossibile discendere (pur usando di molte precauzioni e di opportuni provvedimenti all'atto della costruzione del canale, e pur attendendo dal tempo che l'ermeticità del suo perimetro sia migliorata naturalmente, come sempre accade). Data una certa sezione bagnata, e protetta nel miglior modo dalle travenazioni, e dato un certo battente d'acqua, fisseremo di questo coefficiente due valori estremi, da applicarsi a tutta la lunghezza del canale: il maggiore più attendibile pel primo periodo, d'avviamento dell'esercizio del canale; il secondo, minore, raggiungibile più tardi, ad esercizio ben avviato ed a sistemazione compiuta del canale

con γ = indicheremo approssimativamente le perdite grossolane per fughe occasionali, di cui non conviene tener conto nel coefficiente β

con δ = le perdite attraverso alle porte, e paratoie e valvole, delle conche; considerata naturalmente la conca che è nelle

più sfavorevoli condizioni per larghezza, e più, per altezza delle porte

con ε infine — un coefficiente di false manovre e perciò riducibile sì con l'attenzione e con la cura come il coefficiente γ, ma neppur esso sotto un certo limite pratico.

Questi due ultimi coefficienti, come si vede, hanno relazione, più che al canale, alle conche in particolare ed alla loro manovra: se ne potrebbe perciò trattare parlando del *consumo* d'acqua per le concate. Però avendo più che altro il carattere generale di *perdite*, continue, inevitabili, ci parve opportuno unirle alle altre già raccolte sotto il coefficiente $\gamma_{,,}$

Del consumo d'acqua per le concate in un canale navigabile.

E pur distintamente considereremo il *consumo* d'acqua per le concate, in relazione sia al *volume della concata* o capacità della conca fra i due livelli d'acqua costituenti il salto, sia all'*intensità e modo del traffico* delle merci attraverso ogni data conca, e che si esplica in un maggiore o minore numero di concate, e con barche più o meno capaci o cariche, in un dato periodo di tempo. Noi riterremo per semplicità (e ad abbondanza) di applicare il maggior traffico alla maggior concata, almeno su un complesso di diversi tronchi a traffico pressochè costante (compresi per es. tra due centri di traffico più importanti).

Volume geometrico della concata.

Il volume di una concata V si può grossolanamente indicare col prodotto della superficie dello specchio d'acqua nella camera della conca (larghezza media l × lunghezza L misurata tra le portine e i portoni) pel dislivello H tra i due peli d'acqua normali a monte e a valle

$$V = l \cdot L \cdot H.$$

A rigore, durante la concata (supposta però indipendente dalle altre che si effettuassero contemporaneamente a monte o a valle) i peli d'acqua nei detti tronchi contigui si alterano, e tendono ad avvicinarsi: s'abbassa quello a monte per fornire acqua alla concata (di un'altezza $\Delta h_{,} = \frac{V}{l_{,} L_{,}}$ essendo $l_{,}$ la larghezza presso lo specchio d'acqua, ed $L_{,}$ la lunghezza del tronco di canale a monte) e si innalza quello a valle, che dalla concata riceve acqua (di $\Delta h_{,,} = \frac{V}{l_{,,} L_{,,}}$ dove $l_{,,}$ ed $L_{,,}$ hanno analogo significato, ma pel tronco a valle).

È evidente che per valori di $l_,$ ed $L_,$, $l_{,,}$ ed $L_{,,}$ appena un po' rilevanti, tanto $\Delta h_,$ che $\Delta h_{,,}$ diventano quantità trascurabili: p. es. se $l_, = l_{,,} = 30$ ed $L_, = L_{,,} = 7000$, posto $l = 10$ ed $L = 70$ risulta $\Delta h_, = \Delta h_{,,} = \frac{10 \times 70 \times H}{30 \times 7000} = \frac{H}{300}$ e per $H = 6{,}00$ $\Delta h_, = \Delta h_{,,} = 0{,}02$! Noi non ne terremo dunque, praticamente, alcun conto.

Influenza del volume d'acqua spostato dalla nave.

Una influenza non trascurabile invece, specialmente se il salto è piccolo, ha sul calcolo del volume della concata in ascesa o in discesa, il volume d'acqua v spostato dalla barca che passa dall'uno all'altro tronco ($v_,$ se in discesa; $v_{,,}$ se in ascesa).

Se la barca è in discesa il volume d'acqua necessario alla concata si riduce (v. NOTA in calce) a $V - v_,$; se la barca è in

---

NOTA. — Supponiamo che una barca debba scendere dal bacino *I* nel bacino *II* attraverso la conca di altezza H e di volume V tra i peli d'acqua normali a monte e a valle.

Siano $V_,$ e $V_{,,}$ i volumi d'acqua normali nei due bacini a monte e a valle

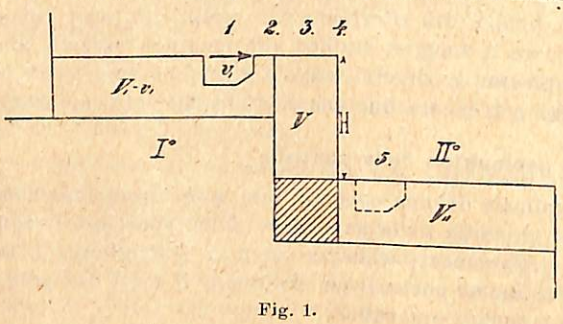

Fig. 1.

della conca. Sia $v_,$ il volume d'acqua spostato dalla barca che discende, per la sua immersione.

Vediamo come si riducono i volumi, nei bacini a monte ($V_,$) ed a valle ($V_{,,}$), durante le operazioni della concata:

	I tronco	*II* tronco
1 = nella posizione iniziale . . .	$V_, - v_,$	$V_{,,}$
2 = dopo riempita d'acqua la conca	$V_, - v_, - V$	$V_{,,}$
3 = dopo introdotta la barca nella conca	$V_, - v_, - V + v_, = V_, - V_,$	$V_{,,}$
4 = dopo vuotata d'acqua la conca	$V_, - V$	$V_{,,} + V$
5 = dopo uscita la barca dalla conca	$V_, - V = V_, - v_, - (V - v_,)$	$V_{,,} + (V - v_,)$

Durante la concata in discesa, dal *I* tronco è passato al *II* tronco un volume d'acqua $V - v_,$.

Ragionando in modo analogo per una barca in ascesa con spostamento $v_{,,}$ si ha un volume d'acqua, per la concata in ascesa, $V + v_{,,}$. Per una concata doppia: $V - v_, + v_{,,}$.

ascesa il volume s'accresce a $V + v_{,,}$. Se la *concata è doppia*, con barche successivamente in ascesa ed in discesa o viceversa, *il volume della concata è*

$$V - v_{,} + v_{,,}.$$

Nel nostro caso il tonnellaggio di traffico in ascesa è maggiore di quello in discesa: è quindi maggiore anche il volume d'acqua spostato dalla barca in ascesa che non da quella in discesa, in generale, e supposti i pesi della barca sensibilmente eguali. Ne deriva che la quantità d'acqua effettivamente necessaria ad una serie di concate è maggiore di quella risultante dal moltiplicarsi dei semplici volumi V.

Posto che in una concata media, ad esercizio del canale ben avviato, il carico in ascesa sia $t_{,,} = 480$ tonn. di merci, ed il carico in discesa una quarta parte, ossia $t_{,} = 120$ tonn., supposti i pesi delle barche in ascesa ed in discesa eguali, occorrono per ogni concata doppia, pareggiata la tonnellata al metro cubo di acqua, $v_{,,} - v_{,} = t_{,,} - t_{,} = 480 - 120 =$ tonn. 360 o mc. d'acqua in più oltre il volume della concata $V = l \cdot L \cdot H$. Posto $l = 10$; $L = 70$ il salto H può considerarsi virtualmente accresciuto di un'altezza $h = \frac{360}{10 \times 70} =$ m. 0,52 circa. Se H non è alto, h può in confronto essere troppo grande perchè sia permesso trascurarlo.

Che se consideriamo poi il caso di una concata semplice, $v_{,,}$ potendo raggiungere, col peso della barca, tonn. 800 pari a mc. 800 d'acqua, h raggiunge un valore più che doppio del precedente, m. 1,15 circa, che è una quantità tutt'altro che piccola.

Formula della quantità d'acqua necessaria ad una serie di concate, tenuto conto del tonnellaggio di traffico spostato.

Se però consideriamo una serie di concate, fatte entro un certo periodo di tempo (per es. entro una giornata) e supponiamo che in esso il numero delle barche in ascesa sia eguale a quello delle barche in discesa e che sia costante il peso delle barche a vuoto, potremo, introducendo ancora al posto del volume d'acqua spostato il peso della barca carica, e poi il tonnellaggio di traffico $t_{,}$ e $t_{,,}$ per ciascuna concata in ascesa od in discesa (che chiameremo $T_{,}$ e $T_{,,}$ entro il periodo considerato) potremo esprimere la quantità d'acqua necessaria ad una serie di concate colla

$$Q = \Sigma V - \Sigma t_{,} + \Sigma t_{,,} = \Sigma V + T_{,,} - T_{,}.$$

Questa formula ci dice che:

" *la quantità d'acqua necessaria ad una serie di concate*, supposte metà in ascesa e metà in discesa, fatte con barche si-

mili, ossia tutte di egual peso a vuoto, *è data da tante volte il volume necessario al riempimento della camera della conca tra i due livelli di pelo d'acqua normali dei tronchi a monte e a valle della conca, quante sono le concate che si effettuano* (e questo è il consumo, riducibile con opportuni congegni e provvedimenti teoricamente fino a nulla e praticamente fino al 50-70 %, con bacini detti di risparmio, consumo dovuto al *modo* usato per superare il dislivello = innalzamento od abbassamento, a mezzo d'acqua, del suo livello, in un recipiente per la barca detto conca), *aggiuntovi o toltone però un peso d'acqua pari alla differenza tra i pesi di merce verticalmente spostati in ascesa od in discesa* (e questo è il *mezzo necessario*, la forza complessiva impiegata sullo strumento conca per sollevare un maggior peso di merce in ascesa che in discesa, o viceversa la forza resa se già naturalmente scende, entro un certo periodo di tempo, un carico maggiore di quello che sale) „.

Portata continua d'acqua al 1″ necessaria allo stesso scopo.

Ora che abbiamo veduto quale è il consumo d'acqua necessario per una serie di concate, precisiamo meglio, in base alla *intensità del traffico*, l'entità della serie stessa: cioè il *numero delle concate entro un certo periodo di tempo* e, dipendentemente, la *portata continua al 1″* necessaria a tener fronte al consumo d'acqua complessivamente richiesto da una serie di concate.

Valore massimo.

Se noi prendessimo il volume, diciamo geometrico, V della concata, tenuto più o meno conto delle variazioni dei livelli di acqua nei tronchi a monte e a valle della conca; vi aggiungessimo magari, nella peggiore delle ipotesi, un certo altro volume per così dire di traffico (per es., $v_{,,} = 800$ mc.) e ripartissimo questo volume complessivo, che indicheremo con W, nel tempo $\tau_{,,}$ che la concata dura ($\tau_{,,} = 1200'' \div 1800''$), potremmo avere un certo valore della portata continua richiesta; precisamente il valore della portata richiesta durante il periodo della concata; valore per ciò rilevante ed eccessivo, ammissibile soltanto nel caso di un susseguirsi ininterrotto di concate, e tutte sfavorevoli quali la considerata. In tal caso la portata continua sarebbe:

$$q'' = \frac{W}{1200'' \div 1800''}$$

Valore pratico.

Ma se lo stesso volume, più o meno corretto e modificato, W, ripartissimo invece nel tempo medio che corre tra una concata e l'altra durante il regolare esercizio del canale (che ha ordinariamente periodi giornalieri), il valore della portata ottenuto sarebbe molto più pratico ed attendibile.

Detto tempo medio si può ottenere dividendo il tempo, che comprende il periodo giornaliero P'' di più o meno regolare esercizio del canale, per il numero delle concate N che in detto periodo di tempo si effettuano. Ed allora:

$$q'' = \frac{W \cdot N}{P''} = \frac{N V + T_{,,} - T_{,}}{P''}$$

Valore minimo.

P'' potrebbe anche superare il valore di un limitato *periodo* giornaliero d'attività d'esercizio, e raggiungere magari il valore dell'intera giornata (di ore 24 = 86400″) comprendendo, insieme col periodo di lavoro, quello di riposo, interamente od in parte. E ciò quando si avesse modo, durante la sospensione dell'esercizio del canale, di immagazzinare utilmente la portata d'acqua destinata all'alimentazione delle conche: per es., in un grande bacino in testa al canale, nel *porto* stesso *di Milano* pel canale Milano-Adda, come si è proposto nel progetto Beretta-Majocchi. In tal caso la portata q'' raggiungerebbe il suo minimo valore.

* *

Veniamo ora alla definizione pratica e numerica dei coefficienti e delle quantità che interessano sia le perdite che il consumo d'acqua nel canale navigabile, riferendoci in proposito al canale navigabile Milano-Adda ed al progetto di massima studiatone nel 1912 dal Comitato Promotore della linea navigabile Milano-Venezia. E ci sia consentito di esporre in proposito, quelle osservazioni che, dopo uno studio calmo dell'argomento, ci sembrano degne d'essere rilevate (1).

(1) Chi scrive ebbe a collaborare nel 1912 con la illustre Commissione che studiò il progetto sopra indicato, e sotto la sua direzione sviluppò il progetto del canale Milano-Pizzighettone e di sistemazione del fiume Adda da Pizzighettone al Po, mentre altri importanti studi venivano compiuti dal collega ing. G. Villa.

II.

Perdite d'acqua in un canale.

Definizione numerica dei coefficienti di perdite.

Riferiremo in proposito quello che, con una certa approssimazione, ma con discreta concordanza di risultati, ne hanno scritto alcuni esimi tecnici, e specialmente: della scuola tedesca l'Engels, della francese il Cüenot; senza però lasciar di riportare quegli altri pochi dati che ci fu possibile raccogliere in argomento:

Coefficiente d'evaporazione.

evaporazione = *coeff.* α.

Engels pone, quale massima altezza d'acqua che può evaporare nella giornata su uno specchio d'acqua, 10 mm.; pari a mc. 10 per km. di canale e per larghezza unitaria di specchio d'acqua, nella giornata.

Cüenot, pur ritenendo per Parigi il dato 4 mm., ne prevede eccezionalmente 10; pari a mc. 200 per km. su canali francesi del tipo legale, ogni giorno.

Sanjust, ingegnere capo del nostro G. C., nel suo progetto di grande massima (1908) del canale Milano-Pizzighettone, ne prevedeva 7 mm.

Rappold s'accontenterebbe anche di 5-6 mm., riferendosi a canali germanici.

Date le condizioni climatiche della zona attraversata dal canale, si ritiene siano sufficienti 10 mm. d'altezza d'acqua evaporata nella giornata più secca. Su una larghezza di specchio d'acqua di m. 27,50 (progetto del Comitato Promotore 1912) o meglio, arrotondando, di m. 30, la perdita totale per evaporazione può fissarsi al massimo in mc. 300 al giorno per km. di canale pari a *litri 3,5 per km. al 1"*; e su km. 36 circa del percorso Milano-Adda (km. 36,202 nel ricordato progetto tra Milano e Cavenago d'Adda) litri 125 al 1", continui giorno e notte.

Coefficiente di filtrazione. — Considerazioni sui fattori che vi influiscono.

filtrazione = *coeff.* $\beta = (\beta_{'} \div \beta_{''})$.

Questo coefficiente varia, ritenuto di aver adottato in ogni tronco i migliori provvedimenti atti a ridurre le travenazioni, oltre che col clima e la stagione:

1° colla natura del terreno attraversato;

2° — entro certi limiti — col variare del dislivello tra il pelo d'acqua nel canale e la superficie delle acque sotterranee;

3° collo sviluppo del perimetro bagnato della sezione del canale, e più coll'importanza del battente d'acqua;

4° varia col tempo, ossia decresce col sistemarsi progressivo specialmente dei riporti, e col depositarsi attraverso all'alveo, nelle porosità del terreno, delle finissime torbide trascinatevi dalle acque filtranti.

Del primo fattore e del secondo, data la varietà continua delle condizioni del terreno e dei livelli d'acqua lungo il non breve percorso del canale, sarà opportuno assumere un valor medio per una qualsiasi unità di lunghezza considerata (almeno fino a che non sia *molto ben definito* il tracciato, e specialmente il profilo longitudinale del canale). Tanto più che, ritenuta la sezione del canale difesa nel miglior modo possibile contro le filtrazioni, l'influenza della natura del terreno e del sottosuolo viene ad essere assai limitata, così come viene ridotta assai l'azione del dislivello del pelo d'acqua entro e fuori il canale, almeno nel caso considerato di disperdimenti. Chè nel caso opposto di emungimenti, quando cioè il livello dell'acqua nel canale risultasse inferiore, notevolmente, a quello delle acque freatiche (al massimo potrà accadere per $4 \div 5$ sui 36 km. del canale Milano-Adda (1)), sarebbe quasi impossibile evitare, e poco prudente, l'afflusso di acque dal terreno entro il canale: costrette, esse eserciterebbero una così forte azione di spinta contro le sponde, che praticamente non vi sarebbe difesa sufficiente nè conveniente da opporvisi. Converrà dunque in tali

(1) Nel progetto del canale Milano-Adda del Comitato Promotore, il canale ha il suo pelo d'acqua sotto il terreno attraversato per circa il 35 % dell'intero percorso; ha lo stesso pelo d'acqua a più di m. 2 sotto il terreno per circa il 10 % dello stesso percorso.

A spiegare perchè siano così limitati i tronchi di canale a pelo d'acqua sensibilmente depresso, basta osservare che, ottenendosi un certo equilibrio dei movimenti di terra tra scavi e riporti (equilibrio che è uno dei coefficienti più importanti nella determinazione del profilo longitudinale del canale) con una sezione media che, quale è progettata dal C. P., ha il fondo a circa m. 1,20 sotto il piano del terreno, il pelo d'acqua (che è m. 2,50 più alto), sarà in media superiore m. 1,30 al terreno, e tanto più quindi al pelo delle acque di irrigazione nelle roggie e nei colatori, ed ancor più agli *aves* sia superficiali che profondi.

Non intendiamo però, con quanto abbiamo detto, di diminuire la grande importanza, e certo preponderante, di altri coefficienti nella determinazione del profilo altimetrico longitudinale del canale: il livello delle strade ad es., specialmente se ferrate, e, con conseguenze opposte, quello delle roggie (della maggiore importanza anzi quest'ultime, dato che si attraversa una zona eminentemente, e *storicamente*, irrigua).

casi convogliare la poca acqua affluente: si tratterà forse, su pochi e brevi tratti, di un centinaio di litri al km. di canale a pelo d'acqua sensibilmente depresso sotto il livello delle acque freatiche.

Del terzo fattore conviene tenere il maggior conto: esso ha un valore costante per tutto il canale ed influenza grandemente il coefficiente di perdita β. Perciò, nel determinar questo, noi ci terremo specialmente vicini ai valori pratici riscontrati in casi di sezioni e di battenti d'acqua simili al caso da noi considerato.

Sulla forma della sezione, e sulle difese contro i disperdimenti d'acqua.

Nel progetto del Comitato Promotore erasi studiata una sezione a trapezio secondo il tipo vecchio francese. La larghezza del fondo era m. 22,50, quella dello specchio d'acqua m. 27,50; il tirante d'acqua m. 2,50. Noi siamo d'avviso che una simile forma non sia affatto conveniente, e sarà alla fine sostituita dall'altra a profilo quasi parabolico, molto più razionale, ed adottata ormai nei migliori tipi di canali, specialmente germanici.

Noi manterremo però nella ricerca del coefficiente uno sviluppo della sezione arrotondato in m. 30 ed il tirante d'acqua di m. 2,50.

Nello stesso progetto del C. P. erasi poi preventivato un rivestimento su tutto il canale fatto in calcestruzzo di cemento, (oltre un milione di metri quadrati su 36 km. soltanto) costosissimo e pur sempre di assai dubbia efficacia. Noi riterremo invece che il rivestimento non ci sia, almeno così come lo si era ideato: ogni tronco di canale dovrà avere un trattamento speciale e *sufficiente* ad impedire, entro i limiti del possibile, le filtrazioni d'acqua. Ci accontenteremo in qualche tronco di prevedere un semplice intorbidamento delle acque, a sollecitare l'otturamento dei meati capillari del terreno (così come col tempo naturalmente accade per tutti i canali in terra) — in altri tronchi, speciali e parziali disposizioni ad impedire particolari inconvenienti: p. es. le fughe lungo il piano d'appoggio dei riporti sullo strato del terreno naturale — in altri ancora, un rivestimento generale con uno strato di argilla di spessore di m. 0,50 ÷ 0,80 (come aveva progettato l'on. Sanjust) ma meglio assai se incorporato nelle sponde, ossia rivestito di una camicia di materiale ordinario, e sottratto così all'azione diluente e corroditrice delle acque, delle intemperie e delle barche — senza escludere che si possa anche ricorrere a rivestimenti in calcestruzzo, specialmente là dove la materia prima è offerta in posto; magari essi pure protetti da una camicia di terra ordinaria; oppure super-

ficiali ma armati in ferro, ad ostacolare il formarsi di fratture ed a resister meglio alle pressioni, specialmente da sotterra: da adottarsi però soltanto in casi eccezionali, non di regola. — Nè si dovranno omettere le difese di sponda contro la corrosione delle rive. — Ma non è qui il caso di addentrarci in troppi dettagli che diventerebbero di natura esecutiva. Qui si tratta solo di stabilire premesse tali che se ne possano dedurre conseguenze pratiche ed attendibili.

Valore pratico del coefficiente di filtrazione. — Valore minimo.

Determiniamo dunque il valore del coefficiente β in questione:

Engels pei canali tedeschi (battente m. 2,50) pone 30 mc. al giorno per km. di canale e metro di larghezza del letto = per larghezza di m. 30 sono in totale mc. 9000 al giorno per km. = = *litri 10,4* al 1″ per km.

Ciienot pei canali francesi (tipo legale di larghezza m. 10 al fondo, m. 16,60 al pelo d'acqua e battente m. 2,20) dà mc. 500 ÷ 700 al giorno per km., ossia litri 5,8 ÷ 8,1 al 1″ e per km., che, posta la larghezza di m. 30, dovrebbe crescere, in proporzione, quasi al doppio: poniamo litri 11 ÷ 15; e, aumentato il battente d'acqua a m. 2,50, certamente tende a raggiungere un valore superiore non solo proporzionalmente alla cresciuta altezza (14 %), ma di un 20 ÷ 25 % almeno, raggiungendo così i *litri 13 ÷ 19;* valori superiori a quanto prevede l'Engels.

Rappold per questo coefficiente, sommato però a quello dell'evaporazione, dà un valore di litri 0,8 ÷ 1 al giorno ed al km. e per ogni metro di larghezza, ossia, per la larghezza considerata, di litri 24 ÷ 30; da cui dedotti litri 3 ÷ 4 circa per evaporazione, restano per β *litri 20 ÷ 27* al 1″ per km.; valori ancor maggiori. Va però notato che lo stesso autore, come si vedrà più avanti, è in compenso meno prudente nella previsione delle perdite dovute al 4° fattore indicato: maggiori perdite all'inizio di funzionamento del canale.

Sanjust nel suo progetto di massima del canale Milano-Pizzighettone prevedeva una perdita in altezza d'acqua di m. 0,06 al giorno, che su m. 30 di larghezza avrebbe dato mc. 1800 ossia *litri 21* circa al 1″ per km. (anche nel primo periodo di funzionamento del canale, parrebbe).

Esperienze fatte su un tronco di canale fra l'Herne ed il Reno (1), tronco però esclusivamente in rilevato, con argini for-

(1) *Genio Civile*, 1914, febbraio.

mati di materiali sabbiosi fini, davano su una larghezza di m. 25 ma con battente solo di m. 1,32, una perdita di litri 13 al 1″ per km. Portando il battente di acqua quasi al doppio, le perdite avrebbero sicuramente raggiunto i *litri 25 ÷ 30* al 1″ per km. Devesi però notare che si tratta di un tronco completamente in rilevato ed all'inizio del funzionamento, mentre un canale raramente si trova in tali condizioni sfavorevoli, almeno per un percorso abbastanza lungo, e tanto meno vi rimane per un lungo periodo di tempo.

Valore massimo.

Perchè, come si è già accennato introducendo un quarto fattore di variazione di β, questo coefficiente è sensibilmente maggiore all'inizio di fuzionamento del canale che non in seguito.

Engels dice che all'inizio può il valore da lui riferito essere e 3 e 4 volte maggiore: non su tutto il canale s'intende — $\beta =$ $= 30 \div 40$ *litri* al 1″ per km.

Rappold (nell'applicazione delle sue previsioni all'occorrenza d'acqua pel canale Dortmund-Ems) aggiunge per l'avviamento, un 50 % del fabbisogno α e β insieme che, dai 24 ÷ 30 litri salgono quindi a 36 ÷ 45, donde, dedotto il coefficiente d'evaporazione, torniamo a $\beta = 30 \div 40$ circa.

Ciienot avverte che alla messa in acqua alcuni tronchi possono raggiungere perdite notevolissime, ma non dà una previsione media di maggior consumo.

Valore adottato.

Noi tra i valori riferiti adotteremo, come il più indicato nel caso nostro, un valore $\beta = 15 \div 30$ litri al 1″ per km. di canale, secondo che trattasi di canale già avviato od all'inizio del funzionamento, ricordando che col tempo esso potrà tendere ai *10 litri*, mentre da principio, alla prima immersione (quando però certo è ancor nullo il traffico e quindi si ha disponibilità d'acqua per risparmiato consumo nelle concate), esso potrà fors'anco raggiungere il valore limite di $\beta = 40$ *litri*.

Su tutto il percorso di km. 36 occorreranno quindi *litri 540 ÷ 1080* al 1″ per sopperire alle filtrazioni e travenazioni ed, al limite, od in via eccezionale, *litri 360 ÷ 1440* al 1″.

Altre perdite minori.

fughe occasionali e perdite accidentali = *coeff.* γ;
perdite attraverso alle porte delle conche = *coeff.* δ;
perdite per false manovre = *coeff.* ε.

Engels considera solo il coefficiente δ, che ritiene, pei comuni salti alle conche, di mc. 400 al giorno per ogni metro di

altezza del salto considerato: naturalmente il salto maggiore che si riscontra sul canale, considerato una sola volta.

Per $H =$ m. 6 sono mc. 2400 al giorno, ossia litri 28 al 1″ per tutto il canale (*litri 0,8* per km. al 1″).

Ciienot non considera il coefficiente γ perchè fughe e perdite accidentali non ve ne debbono essere, a rigore:

al coefficiente δ dà un valore, per porte doppie vinciane di larghezza m. 5,20 ed altezza normale, di mc. $300 \div 1000$ al giorno. Nel caso delle conche del nostro canale, così come si possono prevedere sin d'ora, non basteranno nemmeno i mc. 1000, ma ne occorreranno 2000 poniamo, ossia litri 23 al 1″ per tutto il canale (*litri 0,6 circa* per km. al 1″);

al coefficiente ε infine, attribuisce il valore di mc. 50 al giorno per km. (*litri 0,6 circa* per km. al 1″) e su una lunghezza di km. 36 di canale, litri 21 complessivi al 1″.

Rappold a tutte queste perdite insieme sacrifica, nella previsione di fabbisogno pel canale Dortmund-Ems, litri 200 al 1″ (*litri 1,2 circa* per km. al 1″).

Noi crederemmo di poter dedurre da quanto si è riferito che pei coefficienti δ ed ε insieme potranno bastare *litri* $1 \div 1{,}5$ per km. al 1″, e pel coefficiente γ, che è di determinazione assai incerta e che potrebbe benissimo essere assorbito dal valore assai maggiore e pure incerto di β, potranno aggiungersi altri *litri* $1 \div 1{,}5$ per km. al 1″.

Conclusione sulle perdite.

Riassumendo, il valore complessivo del coefficiente γ potrebbe risultare, per $\alpha = 3{,}5$ $\beta = 10 \div 15 \div 30\ (\div 40)$ $\gamma + \delta + \varepsilon = 2 \div 3$, variabile tra litri 20 e 40 al 1″ per km. di canale; e su una lunghezza di canale quale fu progettato dal Comitato Promotore tra Milano e l'Adda di km. 36, di *litri* $720 \div 1440$, tendendo al primo (ed anche ad un minimo di litri $16 \times$ km. $36 =$ *litri 580*) dopo un certo numero d'anni dall'inizio del funzionamento, mentre potrà avvicinarsi al secondo (ed in via eccezionale sorpassarlo) nel primo periodo di funzionamento del canale, ad esercizio non ancora o poco avviato, oppure dopo un eventuale prosciugamento di tutto o, più probabilmente, di qualche tronco del canale stesso.

Il *Ciienot*, tutto considerato, ritiene che occorrano per un canale tipo legale francese, 1000 mc. al giorno per km.; che per km. 36 darebbero mc. 36.000 al giorno o litri 420 al 1″. Pel tipo nostro più ampio, con battente alquanto maggiore, occorrerebbe in proporzione circa il doppio: $800 \div 900$ litri al 1″. E questo valore a noi sembra molto attendibile, anche per essere medio tra i valori più lati sopraccennati.

III.

Consumo d'acqua per le concate.

Riportiamo la formola

$$q_{''} = \frac{N\,V + T_{''} - T_{'}}{P''}$$

e vediamo di assegnare alle quantità che vi figurano dei valori opportuni.

Consideriamo N numero delle concate (che è poi funzione del traffico T) e P'' periodo di tempo nel quale va ripartito il consumo d'acqua necessario all'esercizio del traffico mediante le concate.

Valore del periodo P'' di esercizio continuato giornaliero del canale.

Per quanto riguarda P''; considerato come periodo di regolare e continuato esercizio del canale, noi crediamo converrà attribuirvi il valore delle 12 ore diurne, ossia $12 \times 60' \times 60'' = 43200''$. Limitarlo ulteriormente sarebbe un danno per l'esercizio del canale e per la navigazione; allungarlo si rischierebbe di suddividere su di un periodo di tempo troppo ampio il movimento (e relativo consumo d'acqua) che potrebbe verificarsi invece in un numero più limitato di ore (specialmente d'inverno, con giornate brevi).

Immagazzinamento temporaneo d'acqua nei tronchi del canale, in occasione di irregolarità d'esercizio e di consumo d'acqua.

Nell'eventualità anzi che nel detto periodo di attività il movimento del traffico si svolga con qualche sospensione nei successivi tronchi di canale tra una conca e l'altra, noi riterremo che la capacità di ciascun tronco sia sufficiente ad equilibrare, anche in un periodo di qualche ora, le eventuali irregolarità di consumo d'acqua per concate non corrispondentisi ai suoi estremi, rimanendo invece fissa e costante la portata d'alimentazione e limitata al consumo di quel numero di concate che si è ritenuto necessario di fissare. Si otterrà così che l'acqua non vada perduta, ma sia immagazzinata, o sia sottratta momentaneamente ad un tronco di canale per essere utilizzata poi. Nè ciò deve produrre in detto tronco invasi o svasi d'acqua eccessivi: che non possono d'altronde verificarsi, date le dimensioni dei canali

moderni ed anche il discreto numero delle concate in base alle quali viene assegnata l'acqua (15 ÷ 20 concate contro 24 o poco più, che è il massimo raggiungibile nelle 12 ore).

Supponiamo infatti che alla conca a monte del tronco di canale considerato, per 2 ore non si facciano concate, e se ne facciano ininterrottamente 4 in quella a valle (1), e supponiamo si sia predisposto di lasciar defluire acqua di alimentazione sufficiente, in media, ad una sola concata all'ora (supposto $N = 12$, caso molto sfavorevole).

Il tronco considerato riceverà in 2 ore 2 V e perderà invece 4 V (poste le conche di egual capacità agli estremi, od almeno posto V la capacità della conca maggiore). La differenza 2 V, tolta in più dal detto tronco, non deve produrvi uno squilibrio sensibile di livello.

Ed infatti: supposto p. es. $V = 10 \times 72 \times 6 =$ mc. 4320, esso volume, distribuito sopra un tronco di canale di lunghezza km. 5 e larghezza m. 30 di specchio d'acqua (superficie metri quadrati 150.000), vi produrrebbe un dislivello — m. 0,03 circa: e per 2 V un dislivello — 0,06. Nulla di eccessivo affatto!

Ognuno può, ricalcando l'esempio qui riportato, ricercare il dislivello prodotto da concate di un certo volume ripetute quanto si vuole in bacini attigui, di data ampiezza di specchio d'acqua. Ma il caso da noi riferito è pratico e già dei meno favorevoli.

Se supponiamo invece che rimanga inattiva la conca a valle, ed attiva quella a monte, si avrà un maggiore afflusso orario di V, con incremento di livello, orario, di + 0,03. L'acqua dovrà essere immagazzinata nel tronco, pronta pei periodi di maggior richiesta; oppure potrà anche esser lasciata cadere nei tronchi inferiori, se qualcuno di essi possa trarne vantaggio occorrendo d'acqua per rimettersi a livello.

Certo che una qualche perdita d'acqua nelle operazioni di immagazzinamento è inevitabile; ma di essa si tien conto nello stabilire il valore del coefficiente $\gamma_{..}$ (introducendosi il coefficiente ε di falsa manovra).

Abbiamo così dimostrato che ogni tronco è capace di equilibrare le eventuali irregolarità del movimento delle barche, ossia dell'esercizio, durante il periodo P'', anche se la portata

(1) Si prende come esempio il periodo di 2 ore perchè, la barca che nella prima mezz'ora si suppone passi alla conca a valle, nell'altra ora e mezza ha tempo di percorrere, con la velocità di 3 ÷ 5 km. all'ora, il successivo tronco di canale (che sarà lungo 5 ÷ 7 km. al massimo) portandosi così, allo scadere delle due ore, presso la conca a monte, pronta a superarla riprendendovi le concate.

d'acqua sia stabilita per un numero di concate minore di quelle che consecutivamente in detto periodo si potrebbero compiere ed anche se dette concate si facciano a gruppi, con intervalli dunque di inattività.

Immagazzinamento periodico d'acqua fuori del canale, ad esercizio inattivo.

Ma oltre che a questa specie di immagazzinamento d'acqua, limitato e localizzato nei tronchi del canale, si può anche pensare ad un immagazzinamento su larga scala, in appositi bacini, e per un tempo molto più esteso, cioè per tutto il periodo, o parte, di sospensione dell'esercizio: per tutto il periodo di riposo comprendente le 12 ore notturne, se si disponga di bacini sufficientemente ampi. Caso che equivale a distribuire il volume complessivo necessario alle concate giornaliere non più su $P'' = 12$ ore $= 43200''$ ma addirittura su $P'' = 24$ ore $= 86400''$. Con che si ottiene di ridurre la portata a metà valore: sempre che così ridotta ed accumulata nel periodo di riposo, possa contenersi tutta nei bacini di immagazzinamento.

Ma noi non muteremo il valore di P''; solo terremo presente che parte della portata risultante dalla formola (e, per $P'' = 12$ delle 24 ore della giornata, sino a metà di detta portata) può esser presa da bacini di immagazzinamento dove è stata accumulata nei periodi di sospensione dell'esercizio.

Nel progetto del porto di Milano, Beretta-Majocchi (1912), come abbiamo già ricordato si è proposto appunto un tale immagazzinamento notturno della portata, o di una sua parte, nei bacini del porto stesso. Essendone lo specchio d'acqua di superficie mq. 186.000 ÷ 274.000 (secondo la fase di costruzione) ogni metro cubo al 1'' immagazzinatovi nelle 12 ore notturne vi produrrà un limitato sopralzo di pelo d'acqua $=$ m. 0,23 ÷ 0,16.

Numero delle concate N in relazione al periodo P''.

Posto così il valore di P'', passiamo al valore di N, numero delle concate. Nel periodo $P'' = 12$ ore, N potrebbe raggiungere il valore di 24 o poco più concate consecutive.

Ma occorre un tal numero limite di concate per smaltire il traffico giornaliero di merci? non il traffico medio dell'annata, ma anche un traffico eccezionale ritenuto del 25 % superiore al medio?

Numero delle concate N in relazione al traffico totale.

Innanzi tutto cerchiamo di definire i rapporti che esistono: tra il valore totale del traffico nel canale (riferito per es. al-

l'annata) e l'elemento *carico* c *medio spostato da una concata doppia*, ossia carico medio e totale delle imbarcazioni, una in ascesa ed una in discesa, facenti la stessa concata doppia — e tra lo stesso valore del traffico ed il *rapporto* K *del numero di concate doppie* rispetto alla totalità delle concate N. Le concate doppie saranno in numero di KN ed avranno un carico medio c. Le semplici saranno in numero di $(1 - K)\ N$ ed avranno, supposte le concate metà in ascesa e metà in discesa, un carico medio $\frac{c}{2}$. Allora il traffico giornaliero potrà indicarsi colla:

$$KNc + (1 - K)\ N\frac{c}{2} = \frac{1+K}{2} \cdot N \cdot c$$

dove $\frac{1+K}{2}$ verrà a rappresentare *il coefficiente di riduzione* del carico c se K è la percentuale di concate doppie. (Se per es. l'80 % delle concate sono doppie, il coefficiente di riduzione del carico diventa $\frac{1+0{,}8}{2} = 0{,}90$)

In relazione a questi coefficienti, riferiti al traffico totale di merci nell'annata T_A, noi potremo fissare il numero delle concate N necessarie per raggiungere un certo traffico giornaliero eccezionale, che moltiplicato per il coefficiente $\frac{1}{1{,}25} = 0{,}80$ darà il traffico giornaliero medio, e moltiplicato pel numero delle giornate lavorative, supposte 300, darà il traffico totale dell'annata, cioè:

$$T_A = c \cdot \frac{1+K}{2} \cdot N \cdot 0{,}80 \cdot 300$$

Stabiliamo ora, in fuzione di T_A, i coefficienti c e K.

La previsione di quello che potrà essere il nostro canale, dedotta da studi personali e dall'esperienza dell'estero, che suggerisce in argomento criteri ormai tranquillanti, ci induce a credere: 1° = che abbastanza presto si raggiungerà il traffico (T_A) di un milione di merci, complessivamente in ascesa ed in discesa, e piuttosto tardi quello di tre milioni; 2° = che il primo si raggiungerà quando il carico medio delle barche sarà ancora molto basso, che fisseremo, in salita, nella *metà del valor massimo*, ossia in tonn. 300, ed in discesa nel terzo del primo, cioè tonn. 100, donde risulta complessivamente, nel caso di concate doppie, $c = 400$; ed il secondo traffico, assai elevato, si raggiungerà ancora con carico ridotto, supposto di tonn. 480 in salita e nel quarto, 120, in discesa, donde $c = 600$ per ogni concata doppia; 3° = che le

concate doppie nel caso di traffico annuale di un milione potranno essere, poniamo, tante quante le semplici, ossia

$$K = 50\ \% \text{ ed } \frac{1+K}{2} = 0{,}75$$

e nel caso del traffico di tre milioni potranno anche raggiungere un coefficiente $K = 80\ \%$ donde $\frac{1+K}{2} = 0{,}90$. Le ipotesi ci sembrano molto prudenti.

Se poniamo questi valori nella formola proposta abbiamo:

per $T_A = 1.000.000$

$$1.000.000 = 400 \cdot 0{,}75 \cdot N \cdot 0{,}80 \cdot 300$$

$$N = 13{,}9$$

per $T_A = 3.000.000$

$$3.000.000 = 600 \cdot 0{,}90 \cdot N \cdot 0{,}80 \cdot 300$$

$$N = 23{,}1$$

Si osserva che il valore di N si mantiene entro limiti non troppo discosti anche per traffici molto diversi (1). Riterremo $N = 15 \div 20$ per traffici tra $1.000.000 \div 2.500.000$ tonn. Con 24 concate o poco più, che si ritengono effettuabili al massimo nella giornata di 12 ore, aumentando ancora la regolarità del servizio (2) ed il carico medio, si potrà raggiungere un traffico annuale di poco inferiore ai 4 milioni di tonnellate.

---

(1) Potremmo anche costruire un diagramma dove l'ascissa rappresentasse il traffico annuale T_A in tonnellate e l'ordinata assumesse: per una curva, i valori corrispondenti del carico medio c per concate doppie; e per un'altra curva il coefficiente di riduzione $\frac{1+K}{2}$ nel caso di una percentuale K di concate doppie. L'una e l'altra tenderebbero, per valori del traffico molto alti, rispettivamente ai massimi $c = 750$ circa e $K = 1 = \frac{1+K}{2}$. Una terza curva potrebbe rappresentarsi, dedotta dalle precedenti: quella dei valori di N, numero delle concate giornaliere, ottenuta mediante la formula succitata. Osserviamo che queste curve, in prossimità al traffico di 2 milioni, potrebbero presentare una deviazione alquanto brusca, perchè per tale valore del traffico potrebbe convenire sostituire al primo mezzo di trazione, animale, un mezzo di trazione meccanico, con maggior regolarità nei servizi e con maggior rendimento. La curva delle concate N in tal caso s'abbasserebbe bruscamente in corrispondenza a detto valore del traffico, per la maggior regolarità dell'esercizio.

(2) Consideriamo un tronco di canale tra due conche e la posizione che, in un servizio regolare del canale, conviene vi assumano i barconi. Posta la durata della concata doppia di τ' ed assegnatine $\frac{\tau'}{2}$ alla barca che sale e $\frac{\tau'}{2}$ a quella che scende, due barche perchè si incrocino senza perditempi alla

Valore $T_{''} - T_{'}$ di maggior tonnellaggio (periodico) di traffico in una certa direzione.

Per quanto riguarda il valore di $T_{''} - T_{'}$ va notato che il traffico giornaliero per $T_A = 1.000.000$ risulta di $400 \cdot 0{,}75 \cdot N =$ = tonn 4170, di cui $^1/_4$ in discesa $T_{'} = 1043$, ed il resto $T_{''} = 3127$ in ascesa — differenza $T_{''} - T_{'}$ = tonnellate 2084; mentre per $T_A = 3.000.000$ risulta di $600 \cdot 0{,}90 \cdot N =$ tonnellate 12474 di cui $T_{'} = 2495$ e $T_{''} = 9980$ e $T_{''} - T_{'} =$ tonn. 7485.

---

conca devono avere rispettivamente all'inizio della concata la posizione 1 e 2 nella figura (ove sono indicati gli spazi col numero di minuti impiegati a percorrerli). Le barche che si muovono nella stessa direzione devono essere distanziate $n\,\tau'$ regolarmente. Se n è eguale per tutte e costante, e se la

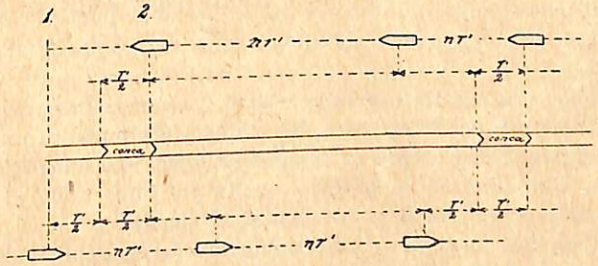

Fig. 2.

lunghezza del tronco è tale che possa essere percorsa, compresa una concata, in un multiplo m, intero, di $n\,\tau'$, *tutte* le concate risultano regolarmente doppie. Se m fosse invece un numero frazionario, per combinare sempre le concate doppie occorrerebbe, una volta sì ed una no, che una barca attendesse da pochi minuti sino ad $n\,\tau'$ minuti (in media $\frac{n\tau'}{4}$ minuti, di perditempo, ogni volta). Potrebbe convenire in tal caso fare due concate semplici.

La lunghezza L del tronco di canale, perchè possa essere percorso in $m\,n\,\tau' - \frac{1}{2}\,\tau' = \left(m\,n - \frac{1}{2}\right)\tau'$, con una velocità della barca V in km. all'ora, deve essere, per $m = 2$, $L = \dfrac{2\,n - \frac{1}{2}}{60}\,\tau'\,V$.

Posto allora $\tau' = 30'$, $n = 2$, per $V = 3$ km. all'ora, $L = \left(4 - \frac{1}{2}\right)\frac{30}{60}3 =$ = km. 5,250; per $V = 4$ km. $L =$ km. 7, e per $V = 5$ $L = 8{,}75$ (e poco meno di metà se $m = 1$). Sempre per $n = m = 2$. Nel qual caso le concate doppie sono, in 12 ore, $N = 12$ mentre per $n = 1$ $N = 24$.

All'atto pratico, specialmente se il traffico è intenso, si può regolare il movimento e la velocità delle barche in modo che le concate siano tutte doppie, o quasi, *se i tronchi sono di lunghezza sufficientemente vicine alle calcolate.*

Formola pratica della portata d'acqua necessaria alle concate.

Sostituendo nella formola della portata i valori così ottenuti abbiamo:

$$q_{''} = \frac{15 \div 20\ V + 2000 \div 8000}{43200''}$$

dove si devono adottare i valori minori o maggiori secondo che il traffico si aggiri sul milione o i due e quasi tre milioni di tonnellate di merci all'anno, sempre per conche capaci di un sol barcone.

Si ricorda ancora che P'' potrebbe assumere un valore doppio (intera giornata) e $q_{''}$ un valore metà, quando si avesse modo di immagazzinare l'acqua nel periodo notturno, di sospensione del traffico, di 12 ore. Ripetiamo però che sarà più pratico, fissato il volume d'acqua che si può immagazzinare ed il contributo d'acqua notturno, dedurre dal valore della portata, ottenuto colla formola, la quantità d'acqua fornita dai bacini d'immagazzinamento.

Come era naturale risulta che il consumo d'acqua per le concate cresce coll'aumentare del traffico (sia pure in più lenta proporzione) ossia cresce col volger del tempo. All'incontro, col tempo, diminuiscono le perdite (quelle più importanti di filtrazione attraverso l'alveo e le sponde del canale).

Si ha così un certo natural compenso fra le quantità d'acqua occorrenti all'esercizio del canale. I *massimi di consumo e di perdita non coincidono*, nè si debbono far coincidere nel calcolo della portata.

Volume della concata V.

Vediamo ancora, prima di passare ad una applicazione pratica della formola, di definire l'ultima quantità che ci interessa: $V = l \cdot L \cdot H$ volume della concata. Noi la scomporremo in due parti: $l\,L$ superficie, in proiezione orizzontale, della camera della conca, indice della capacità in barche della conca stessa (in relazione diretta quindi col traffico) ed H valore del dislivello tra i peli d'acqua nei tronchi a monte e a valle della conca.

Ampiezza della conca.

La camera della conca può contenere un sol barcone od un convoglio (formato di solito di due barconi e relativo rimorchiatore). Nel qual ultimo caso dovrà la conca (se resta eguale la larghezza) avere una lunghezza più che doppia che

nel caso di una conca per un barcone (e sarà magari divisa in due riparti da porte intermedie); oppure, se resta eguale la lunghezza, avere doppia all'incirca la larghezza. Salvo assumere dimensioni poco diverse e che permettano alla conca di contenere indifferentemente o i due barconi da 600 o magari un barcone da 1000 tonnellate.

Ma su ciò non è qui il caso di diffonderci più a lungo. Noi vi abbiamo accennato perchè conche capaci di un convoglio si sono già introdotte nella parte del canale che, per essere nella valle bassa dell'Adda o sull'Adda sistemata, è più largamente alimentata d'acqua, ma potrebbero estendersi anche maggiormente. Ed anche per esse abbiamo indicato, in un prospetto che riportiamo più avanti, il valore della portata occorrente a superare dati valori del dislivello H, posto un certo numero di concate giornaliere.

Altezza del salto della conca.

Per quanto riguarda la scelta del valore H, dislivello tra i peli d'acqua normali nei tronchi a monte e a valle, conviene che il suo valore sia il più alto possibile compatibilmente colla maggior spesa, specialmente dei movimenti di terra, e colle maggiori difficoltà opposte da strade, roggie, ecc. lungo il tracciato.

Se p. es. dobbiamo superare, su uno sviluppo sufficiente, un dislivello totale di 30 m. con una serie di conche, noi crediamo sarà più conveniente, se non far addirittura 3 salti da m. 10 l'uno, fare però, potendo, 5 salti da m. 6 piuttosto che 6 da m. 5. Poichè evitandosi una conca, se ne risparmia intanto la spesa di costruzione e quella, in seguito, di manutenzione e di esercizio; ma, che è più importante, si toglie l'ingombro della conca stessa (che si traduce in altre perdite e spese) durante l'esercizio del traffico nel canale.

Convenienza di ridurre il numero delle conche aumentando il salto, e di progettare ampie camere per convogli di barconi.

Ogni conca evitata fa risparmiare non meno di 20' ad ogni battello che, mentre dalla conca sarebbe costretto a fermarsi, nel frattempo colla stessa spesa quasi che a star fermo ad attendere (spese di personale, ammortamento, manutenzione, quasi completamente anche di trazione: energia elettrica, benzina, cavallo, ecc.), può guadagnare $1 \div 2$ km. di strada (secondo che la trazione è a cavalli, per traffico limitato, o meccanica, per traffico sui due milioni circa di tonnellate). Con un traffico totale di $1 \div 3$ milioni

all'anno su 1 ÷ 2 km. sono 1.000.000 ÷ 6.000.000 tonn.-km. che si risparmiano. Per poco che si valuti la tonn.-km. in tali condizioni, e vale solo qualche millesimo di lira meno della tonn.-km. in movimento, ne risulta sempre, evitando una conca, una sensibile economia annua, che capitalizzata, può dare un risparmio di mezzo milione di lire e fin presso al milione, raggiunto evitando insieme la spesa di costruzione della conca stessa (altro mezzo milione e più) — alle quali economie va però contrapposta una certa maggior spesa di movimenti di terra (il costo unitario può oggi ridursi assai basso) e d'opere d'arte (l'altre conche comprese).

Anche per quanto riguarda la capacità in barche della conca, si può istituire un calcolo analogo e con risultati anche più notevoli; basato sul tempo fatto perdere a tutto un convoglio per fermarsi dinanzi ad una conca non abbastanza capace, sciogliersi, far due o tre concate invece di una, riattaccarsi, ecc.

Introduzione di bacini di risparmio a compensare, ove occorra, il maggior consumo d'acqua.

Certo che, introducendosi conche sia molto capaci sia di salto elevato, occorre una maggiore quantità d'acqua per le concate, con una maggior relativa spesa d'acquisto: va però notato che nei tronchi di canale più a monte si può intanto utilizzare l'acqua ancor disponibile e destinata alle perdite nei tronchi successivi, e che l'acqua, anche se sovrabbondante, ha pur sempre un valore non solo in quanto rende l'esercizio più comodo, ma in quanto anche, nei tronchi lungo Adda, acquista un valore industriale (essendo utilizzata su salti di altezza complessiva m. 16 circa).

Del resto, ove occorresse superare un forte dislivello, o costruire conche molto capaci, e fosse scarsa l'acqua disponibile, si potrebbe ricorrere a conche con bacini di risparmio: non di regola, chè in tal caso non convengono, ma si in via eccezionale.

Nel progetto del canale Milano-Adda del Comitato Promotore, tutte le conche del tipo a salto maggiore (e pur limitato a m. 5,40) vennero munite di bacini di risparmio del 40 %: e fu un errore. Poichè se alle 7 conche che ne sono fornite, tali bacini fossero aboliti, si raggiungerebbe un risparmio nella costruzione delle conche di più d'un milione di lire (7 × L. 150.000 almeno). Si consumerebbe è vero un po' più d'acqua, precisamente quanto occorre al consumo in un salto virtualmente risparmiato di m. 5,40 × 0,40 = m. 2,16; ossia un mezzo metro cubo d'acqua circa; ma non costerà mai il milione risparmiato.

Senza dire che, con bacini di risparmio, le manovre si complicano e si allungano.

Non conviene dunque applicare su larga scala conche con bacini di risparmio. Convengono invece in casi speciali di *un* più alto salto d'acqua da superare (o di *una* conca di più ampie dimensioni da costruire). Allora si, con una spesa relativamente limitata, noi riusciamo, colla stessa quantità d'acqua, ad accrescere la capacità totale della conca (in estensione, od in salto, o nell'una e nell'altro insieme) del doppio, del triplo secondo il coefficiente di risparmio dei bacini progettati! Con un risparmio del 40-60-70 % si può aumentare la capacità della conca rispettivamente del

$$\frac{1}{0{,}60 \div 0{,}40 \div 0{,}30} = 1{,}66 \div 2{,}50 \div 3{,}33\,!$$

Altezze dei salti secondo la disponibilità d'acqua in posto, e la diversa intensità del traffico.

Nel progetto del canale del Comitato Promotore si studiò anche, con lodevole intendimento, un profilo a *salti uniformi*, od almeno di egual consumo d'acqua, mediante *conche equivalenti* (con salti di 3,25, oppure 5,40 con bacini di risparmio). Evidentemente in tal modo si tendeva ad eliminare ogni spreco d'acqua, adottandosi addirittura, data la disponibilità d'acqua (ritenuta costante lungo tutto il percorso), il maggior salto compatibile con essa.

Ma a rigore, per ottenere la maggiore utilizzazione dell'acqua disponibile, i salti devono anzi variare: variare come varia da tronco a tronco la quantità d'acqua utilizzabile, e come varia la necessità di usarne per far concate, secondo il numero di queste, che dipende poi dall'entità del traffico là dove la conca vien disposta. Converrà dunque far le conche, lungo il percorso del canale, di salto vario secondo una certa legge.

L'acqua è più abbondante nei tronchi più a monte, specialmente se l'alimentazione è *tutta* all'origine del canale: e perciò i salti vi possono essere maggiori. Il traffico (se è più forte in ascesa che in discesa) è meno intenso negli stessi tronchi a monte e vi è quindi minore il numero delle concate: e più alti (e non di poco) vi possono essere i salti (1).

(1) Per esempio: se si faccia l'ultima conca del canale con salto di m. 6, e si supponga che al principio il canale disponga di un metro cubo d'acqua in più, destinato alle perdite lungo il percorso, e che alla prima conca si possa anche fare un paio di concate meno al giorno per minor traffico, il risparmio d'acqua : $1{,}000 \times 43200'' + 2\,V$ (essendo V il volume della concata ultima, e $V = 65 \times 10 \times 6 =$ mc. 3900) distribuito alla conca prima su N con-

Bisognerà tener però anche presente che il tipo dei salti non conviene praticamente sia *troppo* vario, onde facilitare p. es. le riparazioni o il ricambio di porte, di meccanismi accessori, ecc.

Caso del canale Milano-Adda.

Non è qui il luogo di definire quali altezze di salto H si potrebbero più convenientemente adottare nel canale Milano-Adda, che ha due punti quasi fissi di livello d'acqua pressochè ai suoi estremi, ed attraversa una zona eminentemente irrigua, la milanese prima, secondo la maggior pendenza (1 % circa), la lodigiana poi, con direzione alquanto di levante e con pendenza quindi alquanto ridotta (della metà circa); zona quest'ultima percorsa da innumerevoli corsi d'acqua, coll'acqua quasi a fior di terra, destinati da secoli all'irrigazione.

Se l'alimentazione sarà fatta tutta in testa al canale, le conche nella seconda zona, a pendenza ridotta e rigurgitante di roggie, potrebbe, anche per tale ragione, avere salti minori di quelli della zona milanese.

IV.

Applicazioni pratiche.

Quantità d'acqua necessaria a superare un certo salto in casi definiti.

Mentre per le *perdite* del canale abbiamo cercato colla maggior possibile approssimazione di definirne il valore, per quanto riguarda invece il *consumo* d'acqua per le concate noi dovremo accontentarci di presentare una tabella, dove sono indicate le portate d'acqua necessarie al consumo di un certo numero di concate giornaliere N in funzione del salto da superare.

E questo, sia nel caso che la conca non abbia bacini di risparmio, sia in quello che ne sia munita (con risparmio del 40 % e del 60 %); ed ancora, tanto per conche capaci di un solo barcone da 600 tonnellate, e di superficie di specchio d'acqua di m. $10 \times 72 = $ mq. 720 (assumendo in tal caso $N = 20$ concate)

---

cate meno 2, p. es., su 18 concate, permette un maggior salto Δh alla stessa, risultante da:

$$43200 + 7800 = 51000 = 18 \cdot 65 \cdot 10 \cdot \Delta h \qquad \Delta h = \frac{51000}{11700} \simeq 4.40.$$

La prima conca potrebbe superare salti di più di 10 metri! Oppure l'ultima potrebbe mantenere un salto elevato come la prima quando fosse sussidiata da bacini di risparmio d'acqua.

Non così forti differenze si hanno se l'alimentazione (a compenso delle perdite) venga rinvigorita una o più volte anche lungo il percorso del canale.

quanto per conche capaci di un convoglio di due barconi con rimorchiatore, di superficie m. $10 \times 165 =$ mq. 1650 (assumendo in questo caso $N = 15$).

Le portate sono poi calcolate tenendo conto del termine $T_{''} - T_{'}$ (maggior tonnellaggio delle merci giornalmente in ascesa rispetto a quelle in discesa) che dovrebbe assumere i valori seguenti: trattandosi di traffico limitato (un milione circa) $\frac{2000}{43200''} \cong$ mc. 0,050; trattandosi di traffico assai intenso (di $3 \div 4$ milioni) sin mc. 0,200. Nella tabella abbiamo aggiunto una quantità fissa, abbastanza elevata, mc. $0{,}150 = \frac{6480 \text{ tonn.}}{43200''}$.

Infine si sono adottati i valori $N = 20$ ed $N = 15$ concate per conche rispettivamente capaci di un solo barcone o di un convoglio di due barconi, perchè si ritiene corrispondano approssimativamente nei due casi allo stesso valore elevato di traffico delle merci.

Se nel caso di conche per convogli di due barconi supponiamo (con traffico elevato: per es., $T_A = 3.000.000$ di tonn.) il movimento perfettamente organizzato, dovremo porre c doppio che nel caso di conche per un barcone solo. Riducendosi però d'altro lato il numero delle concate, supporremo $K = 0{,}50$ (non più 0,80) donde $\frac{k+1}{2} = 0{,}75$. Allora posto: $3.000.000 = 1200 \cdot 0{,}75 \cdot N \cdot 0{,}80 \cdot 300$ si ricava per N un valore, se non del 50 %, però quasi del 40 % inferiore a quello ottenuto, collo stesso traffico, per conche capaci di un solo barcone. Al posto di $N = 20$ si potrebbe porre $N = 12$ — una concata all'ora. Ma questo nel caso di movimento *perfettamente organizzato*.

Se supponiamo invece, *caso pratico*, che per lo stesso traffico elevato le conche si riducano p. es. a contenere alternativamente ora due ora un solo barcone, il carico medio c sarà 900 tonn.; posto in questo caso $K = 0{,}60$ e $\frac{k+1}{2} = 0{,}80$, da una equazione analoga alla riportata si ricava un valore di N del 25 % circa inferiore a quello ottenuto per egual traffico con conche per un solo barcone. Invece cioè di $N = 20$ basterà porre $N = 15$ — come si è fatto (1).

Che se poi la conca per convoglio fosse munita di porte sussidiarie a metà lunghezza, sì che ne risultasse un volume

(1) Il numero delle concate nel caso considerato di conche per convoglio si può ritenere poco variabile col traffico: perchè, se il traffico è limitato, il movimento è disordinato ed N in proporzione riesce grande; se il movimento, aumentando, si sistema, N tenderebbe a valori più piccoli, ma pel traffico aumentato, N tende pure, moderatamente, a crescere.

metà, e metà consumo d'acqua per concate con un sol barcone, la percentuale di riduzione del consumo potrebbe veramente approssimarsi al limite del 50 % suaccennato, anche alternando concate per uno o due barconi; nel qual caso, è come dire, il consumo d'acqua tenderebbe a rimanere lo stesso, a parità di traffico, che per conche ad un solo barcone; sorpassandone però sempre il valore, essendo K minore che nel caso di $N = 20$ e la conca per convoglio di capacità più che doppia che non quella per un barcone.

Tabella della portata continua (*mc. 1"*) *occorrente durante l'esercizio delle concate per un traffico annuale di 2.500.000 tonnellate circa*

$$P'' = 43200'' \qquad T_{''} - T_{'} = 6480 \text{ tonn.}$$

Altezza del salto H (in metri)	$N = 20$ Conche per un barcone $l\,L = 10 \times 72 =$ mq. 720			$N = 15$ Conche per un convoglio $l\,L = 10 \times 165 =$ mq. 1650		
	con risparmio d'acqua			con risparmio d'acqua		
	nullo	del 40 %	del 60 %	nullo	del 40 %	del 60 %
4	1,483	—	—	2,441	—	—
5	1,817	—	—	3,014	1,869	—
6	2,150	1,350	—	3,588	2,212	1,525
7	2,483	1,550	—	4,160	2,556	1,754
8	2,817	1,750	1,217	4,733	2,900	1,983
9	3,150	1,950	1,350	—	3,244	2,212
10	—	2,150	1,483	—	3,587	2,442
11	—	2,350	1,617	—	—	2,671
12	—	2,550	1,750	—	—	2,900

Osservazioni.

Le portate surriferite devono essere diminuite, sin del 50 %, se la portata per alimentazione del canale si immagazzina nelle 12 ore notturne in quantità sufficiente (e non superiore alla metà portata della tabella). Se non è possibile immagazzinare metà di detta portata ma solo una frazione, tutte le portate della tabella vanno diminuite di questa quantità. Se, per es., occorrendo per un salto di m. 8 senza bacini di risparmio, con una conca per un solo barcone, mc. 2,800, si disponesse di bacini di immagazzinamento non di mc. $\frac{2{,}800}{2} = 1{,}400$ ma solo di mc. 1,000, la portata che occorrerebbe alle concate diurne sarebbe di mc. $2{,}800 - 1{,}000 = 1{,}800$.

Alle stesse portate della tabella va invece aggiunta la quantità d'acqua necessaria a risarcire le *perdite*, che su tutta la lunghezza di km. 36 del canale possono raggiungere, come abbiamo visto, mc. 0,700 ÷ 0,800, anche mc. 1,000 e più, secondo che si consideri il canale in completo funzionamento (per es., $N = 20$, per conche da un barcone) (1) e quindi già materialmente sistemata, od ancora in periodo d'avviamento ($N = 15$ ed anche meno). Questa quantità andrà aggiunta tutta subito, sin dall'origine del canale, se ivi è l'unica fonte d'alimentazione, oppure a più riprese, se altre fonti si stabiliscono lungo il percorso: il che è consigliabile specialmente ad evitare prosciugamenti totali, e totali interruzioni d'esercizio del canale, introducendo appositi mezzi d'alimentazione, ed altri di scarico dell'acqua, lungo l'asta del canale stesso.

Le portate della tabella infine, se si riduce il numero delle concate giornaliere N, devono essere diminuite in proporzione. Riducendosi, ad esempio, nel caso di conche per un barcone, N da 20 a 15, tutte le portate vanno diminuite di $\frac{20 - 15}{20}$ ossia del 25 %.

PROVINCIA DI TORINO

Casi pratici.

1° Caso.

Se noi disponessimo sin dall'origine di *mc. 3* d'acqua al 1″, *senza ricorrere ad immagazzinamenti di sorta*, supponendo di far giornalmente $N = 20$ concate (traffico di 2 ÷ 3 milioni di tonnellate) si potrebbe con detta portata superare sul principio salti di 8 ÷ 9 metri (salti non piccoli!) e verso la fine del canale, dopo subite le perdite, calcolate in mc. 1, salti di m. 6 circa, in conche sempre capaci di un sol barcone da 600 tonn. e non munite di bacini di risparmio. Che se ne fossero munite (con risparmio solo del 40 %) potrebbero anche alla fine superarsi salti di 9 ÷ 10 m. (ed oltre, con maggior percentuale di risparmio) sempre in conche di un barcone; ed ancora di m. 6 circa, in conche da convogli munite di bacini di risparmio (del 40 % o poco più).

2° Caso e più pratico.

Supponiamo ora che *si possa ricorrere all'immagazzinamento di parte dell'acqua* (mc. 1 e più in testa al canale), pur rimanendo da superare gli stessi salti di cui sopra. Occorrono ancora, durante le sole ore diurne di traffico, mc. 3 d'acqua al-

(1) Il valore $N = 20$ fu adottato anche, per conche da un barcone da 600 tonnellate, sul canale Dortmund-Ems.

l'origine, riducentisi in fine a mc. 2 per le perdite. Se si può immagazzinare mc. 1 d'acqua per 12 ore, per restituirle nelle altre 12 ore, basterà disporre, all'origine, di *mc. 2 continui* di cui si immagazzinerà di notte mc. 1 (non di più perchè, oltre che riuscirebbe superfluo, non avanzerebbe il metro cubo necessario a risarcire le perdite, continue anche a traffico sospeso) per ottenere poi di giorno la portata richiesta di mc. 3.

Variante.

Si potrebbe anche limitare la portata d'alimentazione *all'origine a mc. 1 ½* di cui 1 mc. per le concate e ½ mc. per controbilanciare, per metà percorso, le perdite del canale; e fornire dopo, lungo il percorso, *l'altro ½ mc.* allo stesso scopo. Immagazzinando mc. 1 si potrebbe disporre di giorno di mc. 2 ½: allora i salti più vicini alle fonti di rifornimento potrebbero avere altezze di m. 7; quelli più lontani di m. 6 circa.

Deduzioni.

Se si pensi che ½ *mc.* e più *potrà essere fornito dagli emungimenti* del porto e di qualche breve tronco del canale, la portata che si domanda ai canali già esistenti, od a corsi d'acqua e roggie, od ancora agli strati acquiferi di sotterra *all'origine del canale, potrà ridursi ad un metro cubo* funzionando il canale a pieno traffico, con salti elevati e senza bacini di risparmio. Occorrerà però un *altro ½ mc. lungo il percorso.*

Questo servirebbe poi, cogli emungimenti in testa, a mantenere almeno il livello d'acqua nel canale, *od in alcuni suoi tronchi*, anche se l'alimentazione per le concate dovesse venire a mancare o se qualche tronco dovesse essere prosciugato.

Ancora si potrebbero avere conche per convoglio, di salto m. 6 e più con bacini di limitato risparmio, anche in fine del percorso.

Conclusione.

Abbiamo affrontato il problema del fabbisogno d'acqua per mantenere l'alimentazione e l'esercizio di un canale navigabile, ed abbiamo anche cercato di esporre man mano alcuni criteri personali sulle diverse questioni che vi hanno attinenza, e che a noi sembra debbano essere studiate ancora, in modo più esauriente, nel caso particolare del canale Milano-Adda, prima di passare a particolari di natura costruttiva od a dettagli di progetti esecutivi.

Altri argomenti ancora si devono ristudiare, relativi al canale Milano-Adda.

Noi riteniamo dunque, pur restando nella convinzione che il progetto del Comitato Promotore (1912) ha segnato un *notevolissimo* progresso nello studio della linea Milano-Po, che occorra ristudiare una più opportuna e razionale *sezione del canale* coi relativi provvedimenti atti ad impedire travenazioni, con ripari, strade alzaie, ecc.; e più ancora ristudiare, con più larghi criteri, il *profilo longitudinale* (tra Milano e l'Adda — magari su un nuovo tracciato che si presentasse, anche per ragioni di planimetria, preferibile) introducendo *pochi salti, alti al possibile*, sprovvisti, di regola, di bacini di risparmio. (Tutto ciò in base a concetti ben definiti e sicuri delle eventuali possibili condizioni di trazione e di esercizio).

Poca acqua è sufficiente all'esercizio del canale.

Perchè, lusingandoci di aver definito, entro limiti abbastanza precisi, il fabbisogno d'acqua, crediamo di non andare errati ritenendone il valore piuttosto basso, anche con salti elevati, inferiore certo a quanto si fosse sinora pensato (1) e nonostante si adottino conche di così gran volume e si abolisca il rivestimento del canale.

E come eravamo convinti nello studio del progetto del porto di Milano che non d'acqua il porto abbisognasse, ma abbisognasse solo di un *ampio specchio d'acqua* che si mantenesse possibilmente da sè (e di banchine abbisognava, di spazio e spazio per l'oggi e pel domani; e di comodi mezzi di sollevamento, di trasporto, di immagazzinamento di merci, fuori acqua; ed entro acqua di libertà di movimenti e di collegamenti verso i navigli, senza conche ingombranti, nè ponti girevoli nè altri impedimenti, specialmente verso quella linea all'est di Milano che dovrà essere nell'avvenire l'arteria verso le zone più indu-

(1) Anche per il porto di Milano si riteneva generalmente che, collo scavo dei bacini incidendosi inevitabilmente la falda acquifera sotterranea, si dovesse ritrarne chissà quale sorgente d'acqua! — ed è bastato che dallo scrivente (nel suo studio e del collega dott. Beretta pel porto di Milano) la questione fosse posta, e se ne indicasse la risoluzione (suggerendosi anche quali ulteriori esperimenti e dati occorresse fare e raccogliere *col tempo* a tale scopo) perchè alcuni di quegli stessi ottimisti ne ritraessero un *nuovo* così profondo convincimento, da ritenere che neppure il modesto mezzo metro cubo da noi indicato fosse oramai più raggiungibile! E sì che i bacini sarebbero ben più profondamente scavati, che non si fosse.... abituati a pensarli!

striali al nord della città nostra), così, dopo questo modesto studio, ci siamo persuasi che non di *preponderante* importanza è la questione dell'acqua *neppure* per il canale.

Non attendiamo, per fare, che l'acqua sia arrivata!

E ripetiamo: *Anche prevedendo opere grandiose e moderne ed un intenso traffico, l'acqua che occorre non è molta;* non sarà perciò il timore di scarsità, nè lo spauracchio di ingenti opere per procurarsi più acqua di quel che occorra, che potrà raffreddare la nostra fede in una *prossima* esecuzione di un tronco di linea grandioso, e del suo porto, ampio quanto occorre, a servizio dell'industriale Milano e del suo entroterra.

Non questo sembrerebbe il parere, o questa la fede, del Comitato di Milano per la N. I. se, nella Relazione sul progetto Beretta-Majocchi di un porto per la città di Milano (redatta sulle traccie di quella della speciale Commissione che il progetto ebbe in esame) trova occasione di avvertire: " Onde, **a scanso d'equivoci,** nè il porto, nè il canale possono essere **avviati** alla esecuzione senza la contemporanea provvista dell'acqua di alimentazione, ecc. „.

Se l'acqua sarà abbondante, sarà pur sempre preziosa.

Poca acqua basta — abbiamo detto. Ciò non ostante, *ovunque possa trovarsene a buon mercato* per l'alimentazione del canale, e da qualunque parte essa venga, *dovrà essere accaparrata:* utilizzandosi prima le fonti meno costose e più abbondanti, poi le meno convenienti; sinchè, crescendo il costo da un lato e diminuendo l'utilità dall'altro, l'equilibrio economico non sia raggiunto, presso a turbarsi in svantaggio (1).

---

(1) L'acqua, riassumiamo, occorre od è preziosa, in gradazione decrescente d'importanza: a compensare le perdite inevitabili del canale — a permettere un certo numero di concate, maggiore coll'aumentare del traffico — a stabilire salti elevati con poche conche o conche capaci di grossi barconi o di convogli — ad evitare impianti di bacini di risparmio e magari anche di bacini d'immagazzinamento d'acqua — ad accrescere le probabilità di una alimentazione multipla e continua — ad agevolare l'esercizio delle concate lasciando un certo agio alle manovre — ad aumentare il ricambio d'acqua per le maggiori garanzie igieniche — a fornire un maggior contributo agli impianti industriali lungo la linea, ecc. Nel tronco considerato non è il caso di preoccuparsi di una eventuale maggior velocità per acqua abbondante, perchè sempre trascurabile.

D'altro lato l'acqua è costosa, più o meno, secondo la fonte da cui deriva: non costa nulla se si ottiene dalla costruzione delle nuove opere di navigazione (porti e canali) — poco se da canali esistenti, per *regolazione* degli stessi: e più se in seguito a loro *sistemazione* — specialmente poi se l'acqua deve

Specialmente se proverrà da origini diverse.

E sarà opportuno ricercare fonti d'alimentazione diverse: ad evitar p. es. le *asciutte* (o prosciugamenti del canale); che *non dovranno essere fatte*, se non eccezionalmente e per tronchi; e ciò, sia per non interrompere il movimento dei barconi, sia per evitare, quando si torni a riempir d'acqua i bacini, tanto il riassorbimento assai forte d'acqua, quanto l'enorme perdita di tempo se si disponga di portate non troppo grandi (parecchie settimane, non giorni!)

Ed a tale scopo non sarà male se oltre che dal Naviglio Grande si potrà aver acqua anche, dal Naviglio della Martesana per es.; oppure, a sussidio ed integrazione, da corsi d'acqua o roggie che si trovino in testa o lungo l'asta del canale; nè parrebbe si dovesse respingere e sdegnare un contributo d'alimentazione, che è gratuita e spontanea, dal sottosuolo; specialmente dagli ampi bacini del porto in testa al canale, se per altre ragioni converrà siano scavati abbastanza profondi (1).

La fonte d'alimentazione preferibile è offerta dal Naviglio Grande sistemato.

Con ciò, ripetiamo, noi siamo ben lungi dal negare la superiorità d'alimentazione con acque del Naviglio Grande; ma quando però l'acqua, come ha proposto l'esimio Ing. capo del G. C.

---

essere condotta al nuovo canale mediante condotti appositi ed opere più o meno provvisorie ma costose — può essere derivata da altri corsi d'acqua e da roggie (magari regolandone meglio la portata e compensando gli attuali utenti) — talvolta dopo essere stata sollevata. Pure mediante impianti di sollevamento o per mezzo di gallerie filtranti, ecc., potrebbe l'acqua essere sottratta alla falda acquifera del sottosuolo. Ed altre fonti si possono ricercare. Casi tutti che vanno studiati e confrontati nel caso pratico speciale.

(1) Il Comitato di Milano per la N. I. nella succitata relazione, stesa sulle traccie di quella della Commissione, dice a pag. 6, che è inutile occuparsi dell'eventuale gettito d'acqua nel porto anche perchè "*vincolare* la quota di livello (d'acqua nel porto) al livello delle acque freatiche, fa *supporre* questo invariabile e costante, almeno nella media annuale, il che non è „.

Strano ragionamento invero! Specialmente quando si sappia, e si può constatarlo (oltre che è detto nella nostra relazione al progetto del Porto), che le oscillazioni del livello delle acque freatiche nell'annata è dell'ordine dei *centimetri* e la differenza di livello tra i peli d'acqua del porto e della falda acquifera sotterranea è dell'ordine dei *metri!* Variazioni centesimali della quantità studiata, non possono infirmare, esse, i risultati dello studio!

Col tempo certamente — lo abbiamo pur detto! — l'*aves* potrà abbassarsi di qualche altro decimetro o di un mezzo metro, e diminuirà quindi, di poco, il contributo d'acque sotterranee nei bacini; ma prima d'allora altra acqua potrà esser pervenuta al canale e le stesse sue perdite saranno diminuite, forse in quantità maggiore dell'aumentato consumo per le concate....

Edoardo Sassi nella sua relazione (1913) sui " lavori di ripristino e miglioramento in alcuni tronchi della linea attuale di navigazione Lago Maggiore-Milano (1) „ possa addursi a Milano " creando gradatamente *una maggior capienza* del Naviglio Grande, almeno per il tronco da Castelletto di Abbiategrasso a Milano (km. 20 circa).... quali acque, pur rimanendo nel limite legale di 65 mc. di competenza del Naviglio Grande, vengono presentemente abbandonate per 3 o 4 mc. circa allo scaricatore di Turbigo in Ticino „.

Non però rivestito.

Mentre si era prima parlato, e a dir vero si insiste ancora, di *rivestimento* del fondo del Naviglio Grande per economizzare circa mc. 3 (da addursi poi, dalla Darsena attuale, alla origine del nuovo canale provvisoriamente a mezzo di cunicolo, preventivato del costo di mezzo milione nel progetto del Comitato Promotore della L. N.) (2).

---

(1) Le nuove opere vennero intraprese nel 2° semestre 1909; che, continuate per un triennio, consentirono in diversi tronchi un aumento della sezione liquida del canale da mq. 42,86 a mq. 52,08 con una spesa media di 70 ÷ 80 lire al metro lineare di nuovo muro con franco di cm. 40, scendendo anche a lire 20 ove il muro poteva essere soltanto sopralzato. Si riordinarono così 4 km. di muri di sponda, con una spesa che non raggiunse le 150.000 lire.

L'ing. Sassi dopo aver ricordato che la competenza legale del Naviglio Grande (65 mc. a Tornavento. contro l'effettiva di 62 mc. circa, e restituiti in parte a rifiuto) va difesa con energia, " *unguibus et rostris* „, conclude: " Per poco che negli anni futuri si continui in questo sistema e tenendo conto che in parecchi tratti del canale non occorreranno nè sopralzi nè ricostruzioni, ed in altri dei semplici sopralzi, si può andar quasi sicuri che la sistemazione del tronco di Naviglio Grande da Castelletto di Abbiategrasso a Milano ed anche più su, verrà compiuta prima ancora della utilizzazione del maggior quantitativo d'acqua bisognevole in avvenire; *ma è assolutamente necessario che ogni anno si faccia qualche cos'*.... „.

Evidentemente si potrebbe ottenere, presto, e con poca spesa, un grande risultato! (ricupero d'acqua, e consolidamento delle sponde già per altre ragioni necessario e improrogabile!).

(2) Relazione sul Progetto Beretta-Majocchi di un Porto per la città di Milano, ecc.. e proposte del Comitato (Comitato di Milano per la N. I.). pag. 9: " Per la questione poi sopracitata dell'alimentazione con acqua esterna a Porto, si raccomanda agli Enti interessati e competenti di vigilare affinchè quest'acqua, che, secondo le previsioni del progetto Milano-Venezia, dovrebbe esser presa dal Naviglio Grande con *rivestimento del suo fondo* e con *risparmio in esso* di circa 3 mc., *non venga sottratta per le insistenti pretese* dirette a beneficio di un progettato canale in sponda destra del Ticino e con danno pressochè generale delle utenze esistenti su detto fiume „.

Però si nota: se l'acqua sarà risparmiata col rivestimento, come si disse e si dice ancora, cosa c'entrano le insistenti pretese, ecc., che riguardano la derivazione prima? O si incomincia a dubitare della *teoria* dei rivestimenti su larga scala, e si risale alla fonte prima e più sicura?

Ora, a parte le questioni:

se sia del tutto tranquillante la cifra di mc. 3 dedotta dalla relazione, pur misurata nell'insieme, dell'ing. Villa (data la complessità dei fatti osservati e la grandezza delle quantità confrontate, per cui il metro cubo è poco più di quanto nella misura di esse si potrebbe tollerare come errore di osservazione (1) — e se detti mc. 3 si possano ricuperare tutti con un rivestimento (perchè su più di 20 km. — tratte: I-III sezione e VI-VII sezione dove si hanno oggi perdite — una parte dell'acqua andrà ancor sempre perduta nonostante tutti i rivestimenti);

se il rivestimento poi non porti a troppo eccessive velocità nel Naviglio Grande, ove la velocità ha già oggi valori di m. 1 ÷ 1,50 e più, nè a troppo scarse profondità, oggi già in molte sezioni, compresa la I, di m. 1,50 (che renderanno ancor

---

(1) Relazione dell'ing. Villa sulle perdite d'acqua del Naviglio Grande e relazione della Sottocommissione, 1909 (pag. 27).

" Nella tratta fra la III e la IV sezione si avrebbe una immissione di mc. 0,86 e fra la IV e la V una immissione di mc. 0,83 „ (in totale mc. 1,690).... " Si osserva *che le differenze suddette sono contenute nei limiti degli errori di osservazione inerenti alle misure di portata* „.

Perciò non se ne tien conto. Ma con quale sicurezza adotteremo allora gli altri valori ottenuti, sempre limitati, anche se per ragioni troppo evidenti vengano notevolmente ridotti? Come pel valore delle perdite nelle ultime tre tratte (che da mc. 2,410 venne ridotto a mc. 1,000).?

Nella prima tratta si ha pure una perdita d'acqua di mc. 2,380 che venne ritenuta in cifra tonda di mc. 2.

Sarebbero dunque, tutte insieme, le perdite d'acqua del Naviglio Grande nel suo percorso da Turbigo a Corsico di mc. 3. " Cifra — è scritto — che corrisponde anche alla differenza fra la somma delle erogazioni e la differenza delle misure di portata della prima ed ultima sezione „ che è — mc. 3,100 effettivamente (= — 2,380 + 1,690 — 2,410).

Certo! Ma tenendo come esatti, oltre gli altri, per es. il valore — 2,410 degli ultimi tronchi, ridotto invece, per buone ragioni, a — 1,000!

Nè risultati concreti sulle eventuali perdite diedero osservazioni esterne al Naviglio, dietro misure di portata di diversi fontanili ritenutine impinguati, fatte a naviglio corrente oppure asciutto (pag. 28-29 della citata relazione).

Ma non noi ci meraviglieremo d'un risultato non decisivo ricavato da esperienze così complesse e fatte con ogni cura sì, ma, a parer nostro, con una certa modestia di mezzi.

L'on. Sanjust, Ing. Capo del G. C., nella sua relazione al progetto di massima per la costruzione del canale navigabile Milano-Pizzighettone (*Atti del Com. Tecn. Esec.*, vol. 6°, pag. 36) scriveva, ad esperienze avviate e che si andavano ripetendo e sviluppando: " Le relative esperienze dirette dal signor ing. Gaudenzio Fantoli diedero sinora due gruppi di risultati i quali pervengono ad un massimo di mc. 3,500 e ad un minimo di mc. 1,500 di perdite di portata al 1". L'ing. Fantoli ritiene quindi di fare un terzo gruppo di esperienze definitive, ecc. „. Questo scriveva ad esperienze non ancora terminate; ma spiega che " nel corso del lavoro si presentarono diverse incertezze di momento, inerenti ai risultati che si ottenevano „ (*Relazione della S. C.*, pag. 6).

più difficile la navigazione anche in discesa, a meno di ricorrere ad altri costosi provvedimenti a riparo);

a parte questi dubbi e considerazioni, domandiamo: quale sarà la spesa per il rivestimento di più di 20 km., e forse, comprendendosi anche l'ultimo tronco, di 25 km. di canale delle dimensioni del Naviglio Grande?

Non pare esagerato il rispondere che la spesa per il rivestimento sorpasserà, tutto sommato, il milione di lire per metro cubo d'acqua ricuperata; e ciò senza miglioramento, anzi con danno, della linea navigabile!

Ragione per cui non riteniamo di dover tener conto di un risparmio d'acqua a mezzo di un rivestimento costoso, se questo non sarà per avventura accoppiato ad opere di utilizzazione di salti lungo il Naviglio Grande (che sembrano poco convenienti e molto futuri) o di sistemazione del Naviglio a linea di grande traffico (cosa ancor dubbia e pure assai lontana).

Mentre invece ripetiamo che il Naviglio Grande *potrà* essere la fonte d'alimentazione preferibile alle altre, perchè la più copiosa, e, come ci è proposta dall'ing. Sassi, forse la più economica ed opportuna.

Non mancano, nè converrà trascurare, altre fonti d'acqua d'alimentazione.

Ciononostante, se durante lo studio e la costruzione del Porto convenisse studiare ed aprire la via d'acqua, importantissima, all'Est di Milano verso il Naviglio della Martesana ed a sostituzione della Fossa Interna cittadina, perchè non accoglieremo acqua anche da questo Naviglio? — o da questo solo, pel momento almeno? anche trasmessa, se il Naviglio non si apre, a mezzo di qualche corso d'acqua o fosso o roggia che attraversi da Nord a Sud la zona orientale della città? — E compensando con maggior regolarità di portata, nello stesso tempo ridotta, gli attuali utenti della Fossa Interna (come proponeva l'on. Sanjust) ed il maggior utente (Roggia Vettabbia, cui verrebbe tolto l'ultimo residuo di competenza della Fossa — come proponeva l'ing. Greppi) con acque tolte al Naviglio Grande, in cui fossero intanto inoltrati i lavori di sistemazione, cominciando dal tronco in condizioni peggiori? — oppure con acque sottratte al Naviglio di Pavia, meglio regolato?

O se davvero convenisse acquistare, o magari pompare acqua (l'impianto di pompe per l'alimentazione d'acqua dal sottosuolo della Centrale termo-elettrica del Comune di Milano in Piazzale Trento è capace di mc. 1 al 1", ed è costato, per i pozzi, soltanto L. 100.000 circa) in testa al canale o lungo il percorso

perchè non farlo? — E se il Porto desse un gettito, anche piccolo, d'acque freatiche, dovremmo industriarci a non tenerne conto?

Agli Uffici competenti siano affidati gli studî definitivi.

Queste domande noi affacciamo senza pretesa di definire una soluzione, che dovrà venire dal tempo e da uno studio dettagliato ed esauriente dell'argomento. La soluzione pratica del problema d'altronde, è complessa, e non può contenersi in poche note. Infine poi, essa dovrà essere fornita da chi, alla speciale competenza unendo la cognizione esatta di tutti i dati della questione e delle proposte avanzate, abbia l'autorità di imporre una decisione.

Il Comune di Milano avocando a sè (come *per i primi* abbiamo indicato e proposto) ed affidando lo studio esecutivo del Porto al suo Ufficio Tecnico, coadiuvato, nella parte economica, dal dott. Beretta, e la direzione all'illustre ing. Felice Poggi, ha già dato grande affidamento che la soluzione buona e completa non è lontana.

Segua tale esempio lo Stato (1) e dia incarico di studiare e risolvere le molte questioni relative alla linea navigabile al Genio Civile, che non manca di funzionari d'alto ingegno, uomini pratici, di volontà ferma e di fede indiscussa.

E noi giovani (se gli impegni professionali ce lo permettano e se alti ma più rudi doveri non ci chiamino frattanto) continuiamo a studiare. Nozioni tecniche speciali e nuove, come questo campo richiede, non si improvvisano — ma si acquistano perseverando.

Ufficio Tecnico Ospedale Maggiore - Milano.

Ing. Mario Majocchi.

---

(1) Assai fece il Comitato Promotore per la linea navigabile Milano-Venezia per riavviare e spingere gli studi relativi alla linea, e la Camera di Commercio di Milano, rappresentata dall' illustre suo Presidente l'on. senatore ing. Angelo Salmoiraghi, per promuoverne l'esecuzione.

Pare però che l'opera loro debba più opportunemente proseguirsi da quegli Uffici che sono a ciò competenti. Il Municipio di Milano, come si è detto, ha già iniziato una diretta azione: e questa d'altronde non può limitarsi allo studio del problema portuario, ma dovrà collegarsi all'azione dello Stato (*forse sospingerla*) per quanto riguarda la linea navigabile.

Ma non per questo vorrà cessare, auguriamo, l'opera di propaganda, di stimolo e di controllo da parte dei Comitati, e di proposte e di studi preziosi da parte di tutti quanti si interessano alle opere di pubblica utilità.

AMM. PROV. DI TORINO
№ 15.925
BIBLIOTECA
115989

ANNO XXI **IL MONITORE TECNICO** ANNO XXI

GIORNALE D'INGEGNERIA, ARCHITETTURA, MECCANICA, ELETTROTECNICA, FERROVIE, CATASTO, AGRONOMIA ED ARTI INDUSTRIALI.

Organo Ufficiale dell'Ass. fra gli ex allievi del Politecnico Milanese

PREMIATO CON MEDAGLIA D'ARGENTO: Messina 1896 - Torino 1898
PREMIATO CON MEDAGLIA D'ORO: Bruxelles 1905 e Torino 1911

È indubbiamente il periodico tecnico italiano più favorevolmente noto e più largamente diffuso in Italia ed all'Estero.

Si occupa con articoli originali di tutte le questioni teoriche e pratiche delle più recenti opere eseguite e delle varie innovazioni attinenti ai diversi rami dell'Ingegneria, dell'Architettura e delle Arti Industriali, con speciale riguardo agli argomenti pratici e di attualità.

Pubblica in ogni numero riassunti diffusi ed originali delle più recenti pubblicazioni tecniche italiane e straniere; le notizie degli avvenimenti tecnici delle diverse parti d'Italia e dell'Estero: una larga raccolta di giurisprudenza nel campo tecnico; l'elenco degli appalti per forniture e costruzioni e dei nuovi brevetti di privative industriali.

Dispone a pro degli abbonati di uno speciale *Ufficio di Consulenza gratuita* per le risposte a quesiti tecnici e tecnico-legali.

Direttore: Ing. **ACHILLE MANFREDINI.**

Si pubblica in Milano il 10, il 20 e il 30 di ogni mese in numeri riccamente illustrati di 68 pagine, formato 25 × 35.

Prezzo d'abbonamento per un anno:
nel REGNO L. 15 — all'ESTERO L. 20 **(Pagamenti anticipati)**

A richiesta si spediscono GRATIS numeri di saggio

UFFICI:
Via Serbelloni, 7 - **MILANO** - Telefono 77-79